

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Фармацевтична компанія «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

ОСВІТА, НАУКА ТА ВИРОБНИЦТВО: РОЗВИТОК І ПЕРСПЕКТИВИ

МАТЕРІАЛИ

II Всеукраїнської науково-методичної конференції,

(Шостка, 20 квітня 2017 року)



**Суми
Сумський державний університет
2017**

УДК 661.666.4

ПРОФІЛЮВАННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИТИВ ЗА УМОВИ ГАЗИФІКАЦІЇ

В.О. Скачков, В.І. Іванов, Т.М. Нестеренко, Г.В. Карпенко

Запорожская государственная инженерная академия

69006, г. Запорожье, пр. Соборный, 226

colourmet@zgia.zp.ua

Для вдосконалення структури та підвищення функціональних властивостей вуглецевих композиційних матеріалів їх пористу структуру заповнюють піролітичним вуглецем, що осаджують з газової фази вуглеводнів [1].

Одним з підходів, що дозволяють за умов ізотермічного процесу ущільнення пористої структури вуглецевих композиційних матеріалів вирівнювати швидкості осадження піролітичного вуглецю у центрі товщини стінки та на поверхні стінки, є метод формування пористої структури шляхом газифікації у середовищі діоксиду вуглецю [2].

Процес газифікації реалізують у робочому обсязі термохімічних реакторів проточного типу в середовищі діоксиду вуглецю.

Перенесення діоксиду вуглецю дифузійно вздовж модельної пори карбонізованого вуглепластика можна описати системою рівнянь:

$$\frac{d^2 C}{d\ell^2} = \frac{2k}{D \cdot r} \cdot f(C), \quad (1)$$

$$\tilde{N}|_{\ell=0} = C_0^f; \quad (2)$$

$$\left. \frac{dC}{d\ell} \right|_{\ell=h} = 0, \quad (3)$$

де C – концентрація діоксиду вуглецю; ℓ – координата довжини пори вуглепластика; k – константа швидкості газифікації вуглецю; D – коефіцієнт дифузії діоксиду вуглецю; r – радіус пори; $f(C)$ – концентраційна функція; \tilde{N}_0^f – концентрація діоксиду вуглецю на поверхні карбонізованого вуглепластика; h – половина товщини стінки вуглепластика.

Вирішення зазначеної системи рівнянь задає розподіл концентрації діоксиду вуглецю за довжиною пори карбонізованого вуглепластика:

$$\tilde{N} = \frac{\tilde{N}_0 \cdot \langle \exp(-z \cdot \ell) + \exp[z \cdot (\ell - 2h)] \rangle}{1 + \exp(-2z \cdot h)}, \quad (4)$$

де z – корінь характеристичного рівняння $z = (2k/r \cdot D)^{0.5}$.

Пористу структуру карбонізованих вуглепластиків задають кривою розподілу пор по величині їх радіусів, яка має чотири локальні максимуми [3].

Для кожної групи пор r_i щільність їх розподілу за розмірами можна апроксимувати параболічною залежністю:

$$f(r_i) = a_i \cdot r_i^2, \quad (5)$$

де a_i – параметр розподілу.

На функцію (5) накладається умова нормування, що задає частку пор у межах локальних груп. Тоді параметр розподілу a_i можна записати як

$$a_i = \frac{3q_i}{r_{2i}^3 - r_{1i}^3}, \quad (6)$$

де q_i – частка пор у межах кожного локального максимуму; r_{1i} , r_{2i} – мінімальний і максимальний розміри i -го локального максимуму відповідно.

Диференціальне рівняння перенесення реакційного газу вздовж циліндричного реактора проточного типу з урахуванням його розкладання на нагрітих поверхнях і в пористій структурі карбонізованого вуглепластика має вигляд [4]:

$$\frac{d(C \cdot U)}{dx} = -2k \cdot \beta \cdot \theta \cdot C, \quad (7)$$

де U – швидкість перебігу реакційного газу вздовж реактора; β – коефіцієнт масопровідності; $\theta = 1/R \cdot \left[\beta + k \cdot (1 - q_n) + q_n \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^N \Omega_i \right]$; q_n – відносна пористість поверхні карбонізованого вуглепластика; R – радіус реактора; N – кількість характерних максимумів пор.

Реакцію газифікації записують у вигляді:



Для реакції (8) розподіл реакційного газу вздовж реактора з урахуванням ступеня його розкладання можна записати як

$$C_{CO_2} = C_{CO_2}^{\hat{a}\hat{o}} \cdot (1 - \alpha); \quad (9)$$

$$C_{CO} = C_{CO_2}^{\hat{a}\hat{o}} \cdot (1 + 2\alpha); \quad (10)$$

$$U = U_{\hat{a}\hat{o}} \cdot (1 + \alpha), \quad (11)$$

де α – міра розкладання діоксиду вуглецю; $\tilde{N}_{\hat{a}\hat{o}}^{\hat{a}\hat{o}}$ – концентрація діоксиду вуглецю на вході до реактора; $U_{\hat{a}\hat{o}}$, U – швидкість подачі газів на вході та вздовж реактора відповідно.

Рівняння (8) з урахуванням співвідношень (9)-(11) ає вигляд

$$\frac{3\alpha}{1 - \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dx} + \frac{k \cdot \beta \cdot \theta}{U_{\hat{a}\hat{o}}} = 0, \quad (12)$$

Розроблена математична модель забезпечує виконання розрахунків процесу газифікації пористої структури з визначенням швидкості подавання та концентрації діоксиду вуглецю.

Список використаних джерел:

1. Скачков В. О. Методи газофазного ущільнення карбонізованих вуглепластиків піровуглецем / В. О. Скачков, С. А. Воденніков, В. І. Іванов та ін. // Science Rise. – 2016. – Vol. 10/2 (27). – С. 16-21.
2. Скачков, В. А. О моделировании процесса профилирования пористой структуры углеродных композитов / В. О. Скачков, В. І. Іванов, Т. М. Нестеренко и др. // Проблеми математичного моделювання : матеріали всеукр. наук-метод. конф. – 25-27.05.2016. Дніпродзержинськ. – Біла К.О., 2015. – С. 67-70.
3. Байгушев, В. В. Технология производства композиционных углерод-углеродных материалов электротермического назначения / Диссертация кандидата техн. наук. – Владимир Владимирович Байгушев. – Днепропетровск : УГХТУ, 2006. – 140 с.
4. Скачков, В. А. Моделирование процесса разложения углеводородов в термических реакторах проточного типа / В. А. Скачков, В. И. Иванов, Н. А. Карпенко и др. // Известия Вузов. Черная металлургия. – 1991. – № 12. – С. 33-35.